

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-101131

(43)Date of publication of application : 04.04.2003

(51)Int.CI.

H01S 5/0683

(21)Application number : 2001-288516 (71)Applicant : RICOH CO LTD

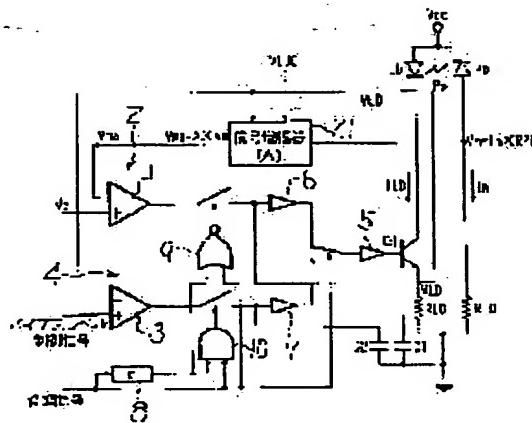
(22)Date of filing : 21.09.2001 (72)Inventor : OMORI JUNJI

(54) SEMICONDUCTOR LASER CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser controller which can get stable optical output without recourse to the temperature properties of optical output and a monitor current, without using a detection element such as a temperature detector.

SOLUTION: This semiconductor laser controller can reduce the ripple of a monitor current or optical output caused by the temperature properties of a semiconductor laser diode LD, by resetting the signal amplification factor A of a signal amplifier 21 which amplifies the light emission level monitor signal Vma monitoring the light emission level of a semiconductor laser LD, according to the values of the reference temperature signal VLD0 corresponding to a light emission level control signal and the operation voltage VLD corresponding to the drive current of the semiconductor LD, in the control section of a light-electric negative feedback loop 2 which controls the forward current at light emission of the semiconductor laser LD. This can perform the stable control of optical output without recourse to the temperature change by electric circuit constitution, without using other detectors such as a temperature detector, etc.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-101131

(P2003-101131A)

(43)公開日 平成15年4月4日(2003.4.4)

(51)Int.Cl.

H01S 5/0683

識別記号

F I

テ-マコト(参考)

H01S 5/0683

5F073

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 17 頁)

(21)出願番号 特願2001-288516(P2001-288516)

(22)出願日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 大森 淳史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(74)代理人 100101177

弁理士 柏木 慎史 (外2名)

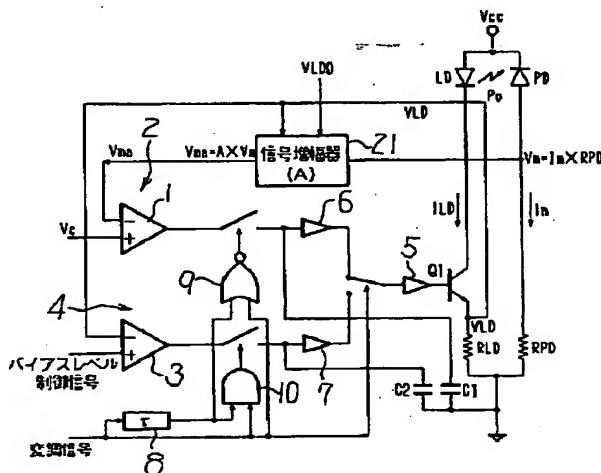
Fターム(参考) 5F073 EA15 GA12 GA24 GA38

(54)【発明の名称】 半導体レーザ制御装置

(57)【要約】

【課題】 温度検出器などの検出素子を用いることなく、光出力やモニタ電流の温度特性に依らずに安定した光出力が得られる半導体レーザ制御装置を提供する。

【解決手段】 半導体レーザLDの発光時の順方向電流を制御する光・電気負帰還ループ2の制御区間において、半導体レーザLDの発光レベルをモニタする発光レベルモニタ信号Vmaを増幅する信号増幅器21の信号増幅率Aを、発光レベル制御信号に対応する基準温度信号VLDOと半導体レーザLDの駆動電流に対応する動作電圧VLDとの値に応じて変更設定することにより、半導体レーザLDの温度特性によるモニタ電流や光出力の変動を低減させることができ、温度検出器などの他の検出器などを用いることなく、電気的な回路構成により温度変化に依らず光出力の安定した制御を行うことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体レーザの光出力の一部をモニタする受光素子から得られる前記半導体レーザの発光時の光出力に比例した発光レベルモニタ信号と、発光レベル制御信号とが等しくなるよう前記半導体レーザの順方向電流を制御する第1の誤差増幅部を含んで構成される第1の光・電気負帰還ループと、

コレクタに前記半導体レーザ、ベースに前記半導体レーザの順方向電流信号、エミッタ・接地間に抵抗が接続された駆動トランジスタの前記半導体の消光時のエミッタ電位が、消光レベル制御電圧と等しくなるよう前記半導体レーザの順方向電流を制御する第2の誤差増幅部を含んで構成される第2の光・電気負帰還ループと、前記受光素子による発光レベルモニタ信号を増幅する信号増幅器と、

変調信号により前記半導体レーザの発光、消光の順方向電流を切換える電流駆動部と、

前記変調信号が連続した一定期間同一ステートとなる場合にサンプルホールド制御タイミングとなって自動制御を行うために前記第1、第2の誤差増幅部出力から得られる光出力の発光レベル値、消光レベル値をホールドするピーク、ボトムの2系統のサンプルホールド回路とを備える半導体レーザ制御装置であって、

前記信号増幅器は信号増幅率が変更自在であり、基準温度信号VLD0と前記半導体レーザの動作電圧VLDとの値に応じて信号増幅率が設定される半導体レーザ制御装置。

【請求項2】 前記信号増幅器は、一定の信号増幅率で前記発光レベルモニタ信号を増幅する第1の信号増幅器と、信号増幅率が変更自在で前記第1の増幅器により増幅された信号を前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの値に応じて設定される信号増幅率で増幅する第2の信号増幅器とにより構成されている請求項1記載の半導体レーザ制御装置。

【請求項3】 前記信号増幅器は、一定の信号増幅率で前記発光レベルモニタ信号を増幅する第1の信号増幅器と、信号増減度が変更自在で前記第1の増幅器により増幅された信号の振幅値を前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの値に応じて設定される信号増減度で増減する信号増減器とにより構成されている請求項1記載の半導体レーザ制御装置。

【請求項4】 前記第2の信号増幅器は、前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの差動信号出力がゼロのときには信号増幅率が1に設定され、前記差動信号出力がゼロ以外のときにはその正負に応じて信号増幅率が1に対して大小何れかの値に設定される請求項2記載の半導体レーザ制御装置。

【請求項5】 前記信号増減器は、前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの差動信号出力がゼロのときには信号増減度がゼロに設定され、前記差動信号出

力がゼロ以外のときにはその正負に応じて信号増減度が正負の何れかの値に設定される請求項3記載の半導体レーザ制御装置。

【請求項6】 前記第2の信号増幅器は、前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの差動信号出力が最大値又は最小値をとるときには信号増幅率が1に設定され、前記差動信号出力の値に応じて前記信号増幅率が1より小さい値又は1より大きい値の何れかに可変設定される請求項2記載の半導体レーザ制御装置。

【請求項7】 前記信号増減器は、前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの差動信号出力が最大値又は最小値をとるときには信号増減度がゼロに設定され、前記差動信号出力の値に応じて前記信号増減度が負の値又は正の値の何れかに可変設定される請求項3記載の半導体レーザ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レーザプリンタ、デジタル複写機、光ディスク装置、光通信装置等において光源として用いられる半導体レーザを駆動制御するための半導体レーザ制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体レーザは極めて小型であり、かつ、駆動電流により高速に直接変調を行うことができる所以、近年、レーザプリンタ等の光源として広く用いられている。

【0003】 しかし、半導体レーザの駆動電流と光出力との関係は、温度により著しく変化するので、半導体レーザの光強度を所望の値に設定しようとする場合、問題となる。そこで、この問題を解決し半導体レーザの利点を活かすため、従来、様々なAPC(Automatic Power Control)回路が提案されている。このAPC回路の一例として、特開平11-298079号公報による提案例がある。

【0004】 APC回路として、半導体レーザの光出力を受光素子によりモニタし、パワー設定時間内では発光レベル信号と光出力に比例したモニタ電流に比例した信号とが等しくなるように、光・電気負帰還ループにより半導体レーザの順方向電流を制御し、パワー設定時間外では、パワー設定時間内に設定した半導体レーザ順方向電流をサンプルホールド回路により保持し、光出力を所望の値に設定すると共に、順方向電流を変調信号に基づいて変調することにより、半導体レーザを変調信号により点灯、消灯させる方式がある。

【0005】 この方式では、半導体レーザの高速変調が可能となるが、半導体レーザの光出力の常時制御を行っているわけではないため、外乱などにより容易に光出力が変動してしまう。また、外乱として半導体レーザのドウループ特性があり、光出力に数%の誤差を生じてしまう。このような点を改良した方式として特開平2-20

5086号公報に示される例がある。

【0006】また、半導体レーザの発光パワーを制御する際、半導体レーザの発光状態を受光素子によりモニタし、受光素子の出力信号、即ち、モニタ電流を電流-電圧変換回路により電圧信号に変換し、その電圧信号をレーザ駆動制御回路にフィードバックして半導体レーザが適正なパワーで発光するように制御し、パルス発光におけるフォトダイオード(受光素子)の出力信号の波形なまりの補償を行う一例として特開平5-121805号公報例がある。

【0007】そこで、光・電気負帰還ループで構成される従来の半導体レーザ制御装置の構成例を図19に示す。

【0008】まず、半導体レーザLDとこの半導体レーザLDの光出力の一部をモニタする受光素子PDとが設けられている。そして、受光素子PDから得られる半導体レーザLDの発光時の光出力に比例したモニタ信号と、半導体レーザLDの発光レベルを設定する外部からの発光レベル制御信号とが等しくなるように半導体レーザLDの順方向電流を制御する第1の誤差增幅部1を含んで構成される第1の光・電気負帰還ループ2が設けられている。また、コレクタに半導体レーザLD、ベースに半導体レーザLDの順方向電流信号、エミッタ・接地間に抵抗RLDが接続された駆動トランジスタQ1が設けられている。そして、半導体レーザLDの消光時の駆動トランジスタQ1のエミッタ電位が、消光レベル制御電圧(バイアスレベル制御信号)と等しくなるように半導体レーザLDの順方向電流を制御する第2の誤差增幅部3から構成される第2の光・電気負帰還ループ4が設けられている。このように、発光時と消光時との二重の光・電気負帰還ループ2、4が形成されている。

【0009】また、半導体レーザLDを変調駆動させるタイミングを生成する変調信号により半導体レーザLDの発光、消光の順方向電流を切換える電流駆動部5を備え、第1、第2の各誤差增幅部1、3出力から得られる光出力の発光レベル値、消光レベル値をホールドするピーク、ボトムの2系統のサンプルホールド回路6、7において、サンプルホールド制御タイミングは変調信号が連続した一定期間(ここでは、 τ とする)同一ステートとなる場合に自動制御を行う制御方法を実行する。このため、変調信号は時間 τ の遅延回路8を介してサンプルホールド回路6の系統に対してはNORゲート9によりサンプルホールド制御がスイッチングされ、サンプルホールド回路7の系統に対してはANDゲート10によりサンプルホールド制御がスイッチングされるように構成されている。また、コンテンサC1、C2は各々の系統の順方向電圧を保持するサンプルホールド用コンテンサである。

【0010】このような半導体レーザ制御装置の構成により、画像形成装置などにおいて、画像域と非画像域と

に関わらず、或る一定の期間連続して発光又は消光する制御期間において半導体レーザLDの順方向電流の制御が行われる。

【0011】ここに、半導体レーザLDの発光パワー(光出力PO)を制御する際に、半導体レーザLDの発光状態をモニタするフォトダイオード等の受光素子PDの出力信号であるモニタ電流Imを抵抗RPDを用いて電流-電圧変換し、その電圧信号(モニタ電圧Vm)をレーザ駆動制御回路にフィードバックしているが、光出力制御を高精度に行うためには、モニタ電流Im出力はフィードバック時に信号比較の対象となる発光レベル制御信号に対して比較制御を行う適正な出力値を得られることが望ましい。

【0012】一方、近年、レーザプリンタやデジタル複写機などの画像形成装置において、光源として用いられる半導体レーザは、画像の高密度化に伴いビームスポット径の微小化が望まれることから、その手段として短波長半導体レーザのニーズが高まっている。

【0013】また、半導体レーザLDのモニタ電流Imは、異なる波長の半導体レーザにおけるモニタ信号(電圧値)を比較した場合、780nm帯の赤外色半導体レーザに比べ、650nmの赤色半導体レーザにおいてモニタ電流が小さくなる傾向が見られる。よって、受光素子PDの端子に直列に抵抗RPDを接続し、モニタ電流Imを電圧に変換してモニタ信号を電圧値Vmとして検出する場合、650nmの赤色半導体レーザのモニタ電圧は、780nm帯の赤外色半導体レーザのモニタ電圧に比べ値が小さく、モニタ電流の場合と同様にモニタ信号(電圧値)においても短波長時にモニタ信号値の低減が認められる。

【0014】このような半導体レーザの波長の違いによる受光素子のモニタ信号の出力値低減は、光・電気負帰還ループ2でモニタ信号Vmと発光レベル制御信号との差動増幅により光出力を制御する系において、モニタ信号Vmが微小な値となることにより、例えば、短波長半導体レーザで一定の発光を行う場合に、発光レベル制御信号が微小な値で制御することとなり、光出力を可変する場合においてモニタ信号Vmと発光レベル制御信号のレベルに差異が生じて発光制御の精度が低下するとともに、微小信号故にモニタ信号や発光レベル制御信号へのノイズ重量等により光出力制御が精度良くできなくなってしまう。

【0015】そこで、短波長半導体レーザのようにモニタ電流が微小な値となる半導体レーザを用いる場合においても、光出力制御を安定して精度良く行わせる方法として、モニタ信号増幅器を用いることで、モニタ電流の微小信号を増幅して制御する方法がある。

【0016】このような受光素子PDのモニタ信号Vmを増幅する信号増幅器を備えた従来の構成例を図20に示す。即ち、図19との対比で、モニタ電流Imから電

圧 V_m に変換されたモニタ信号の振幅を増幅するための信号増幅器 11 を備えている。

【0017】図 20 に示すような構成によれば、短波長半導体レーザのようにモニタ電流 I_m の値が小さく、その結果、モニタ信号 V_m も微小な値となる場合において、モニタ信号の電圧値を $V_m a$ として増幅することができる。さらに、発光レベル制御信号のレベルが或る決まった範囲内のときに、信号増幅器 11 の信号増幅率 A_0 を適切な値に設定することでモニタ信号 $V_m a$ と発光レベル制御信号とを同等の値に設定可能となり、モニタ信号の振幅補償を行うことにより光出力制御の安定性や精度を高く設定することができる。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】このような方法では、モニタ電流 I_m を電圧変換したモニタ電圧 V_m の振幅をオペアンプなどの信号増幅器 11 を用いて増幅し $V_m a$ として出力することにより、発光レベルのレーザ制御をモニタ電圧との差動出力より行う発光レベル制御信号の信号振幅を大きくとることが可能となり、発光レベルの精度が向上する効果がある。しかし、半導体レーザ LD の温度特性によるモニタ電流 I_m や光出力 P_O の変動を低減させるには、温度検出器などで半導体レーザ LD の周辺部の温度を検出し、その値を基に温度特性の補正を行いう方法があるものの、半導体レーザ制御装置の他に温度検出器などの検出素子を付加することが必要となる。

【0019】そこで、本発明は、例えば、温度検出器などの検出素子を用いることなく、光出力やモニタ電流の温度特性に依らずに安定した光出力が得られる半導体レーザ制御装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載の発明は、半導体レーザの光出力の一部をモニタする受光素子から得られる前記半導体レーザの発光時の光出力に比例した発光レベルモニタ信号と、発光レベル制御信号とが等しくなるように前記半導体レーザの順方向電流を制御する第 1 の誤差増幅部を含んで構成される第 1 の光・電気負帰還ループと、コレクタに前記半導体レーザ、ベースに前記半導体レーザの順方向電流信号、エミッタ・接地間に抵抗が接続された駆動トランジスタの前記半導体の消光時のエミッタ電位が、消光レベル制御電圧と等しくなるように前記半導体レーザの順方向電流を制御する第 2 の誤差増幅部を含んで構成される第 2 の光・電気負帰還ループと、前記受光素子による発光レベルモニタ信号を増幅する信号増幅器と、変調信号により前記半導体レーザの発光、消光の順方向電流を切換える電流駆動部と、前記変調信号が連続した一定期間同一ステートとなる場合にサンプルホールド制御タイミングとなって自動制御を行うために前記第 1 、第 2 の誤差増幅部出力から得られる光出力の発光レベル値、消光レベル値をホールドするピーク、ボトムの 2 系統のサンプルホールド回路とを

備える半導体レーザ制御装置であって、前記信号増幅器は信号増幅率が変更自在であり、基準温度信号 V_{LD} と前記半導体レーザの動作電圧 V_{LD} との値に応じて信号増幅率が設定される。

【0021】従って、半導体レーザの発光時の順方向電流を制御する光・電気負帰還ループの制御区間において、半導体レーザの発光レベルをモニタする発光レベルモニタ信号を増幅する信号増幅器の信号増幅率を、基準温度信号 V_{LD} と動作電圧 V_{LD} との値に応じて変更設定することにより、温度検出器などの他の検出器などを用いることなく、電気的な回路構成により温度変化に依らず光出力の安定した制御を行うことができる。即ち、信号増幅器の信号増幅率を変化させる入力信号として、光出力時の半導体レーザの電流信号である駆動トランジスタのエミッタ端子と接地間を接続する抵抗の端子電圧である動作電圧 V_{LD} の電圧値と、或る温度条件下において現在の光出力値を設定する信号である発光レベル制御信号を入力した場合のモニタ電圧と同電位とする基準温度信号 V_{LD} との 2 つの信号の大小関係を用いることにより、モニタ電圧を発光レベル制御信号と比較する前に信号増幅することで、温度変化における受光素子のモニタ電流の変動を補正し、温度に依らない光出力値の一定制御を行なうことができる。

【0022】請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の半導体レーザ制御装置において、前記信号増幅器は、一定の信号増幅率で前記発光レベルモニタ信号を増幅する第 1 の信号増幅器と、信号増幅率が変更自在で前記第 1 の増幅器により増幅された信号を前記基準温度信号 V_{LD} と前記動作電圧 V_{LD} との値に応じて設定される信号増幅率で増幅する第 2 の信号増幅器とにより構成されている。

【0023】従って、信号増幅器を、半導体レーザの発光レベルをモニタする発光レベルモニタ信号の振幅値を増幅する第 1 の信号増幅器と、増幅されたこの信号を基準温度信号 V_{LD} と動作電圧 V_{LD} との値に応じて設定される信号増幅率で増幅する第 2 の信号増幅器とにより構成することにより、第 1 の信号増幅器で大振幅信号として得られたモニタ電圧に含まれる温度特性を、基準温度信号 V_{LD} と動作電圧 V_{LD} の値に基づいて第 2 の信号増幅器において一定倍率補正することにより、温度検出器などの他の検出器などを用いることなく、電気的な回路構成により温度変化に依らず光出力の安定した制御を行なうことができる。また、信号増幅をモニタ信号の振幅増幅を一定増幅率で行う第 1 の信号増幅器と、温度特性を補正するために動作電圧 V_{LD} と基準電圧信号 V_{LD} とにより求まる倍率だけ微調変更する第 2 の信号増幅器とに分けた構成により、温度特性の微小な変動を高精度に補正することが可能となる。

【0024】請求項 3 記載の発明は、請求項 1 記載の半導体レーザ制御装置において、前記信号増幅器は、一定

の信号増幅率で前記発光レベルモニタ信号を増幅する第1の信号増幅器と、信号増減度が変更自在で前記第1の増幅器により増幅された信号の振幅値を前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの値に応じて設定される信号増減度で増減する信号増減器とにより構成されている。

【0025】従って、信号増幅器を、半導体レーザの発光レベルをモニタする発光レベルモニタ信号の振幅値を増幅する第1の信号増幅器と、増幅されたこの信号を基準温度信号VLD0と動作電圧VLDとの値に応じて設定される信号増減度で振幅値の微増、微減を行う信号加減算器とにより構成することにより、第1の信号増幅器で大振幅信号として得られたモニタ電圧に含まれる温度特性を、基準温度信号VLD0と動作電圧VLDの値に基づいて信号増減器において微増、微減などの高精度な制御を行うことができ、温度検出器などの他の検出器などを用いることなく、電気的な回路構成により温度変化に依らず光出力の安定した制御を行うことができる。

【0026】請求項4記載の発明は、請求項2記載の半導体レーザ制御装置において、前記第2の信号増幅器は、前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの差動信号出力がゼロのときには信号増幅率が1に設定され、前記差動信号出力がゼロ以外のときにはその正負に応じて信号増幅率が1に対して大小何れかの値に設定される。

【0027】従って、請求項2記載の発明を実現する上で、基準温度を半導体レーザの通常使用温度とした場合などにおいて、或る温度時の動作電圧VLDを基準としこの基準に対して信号増幅率の大小をとることにより、或る温度を中心とした高精度な光出力補正を行うことができる。

【0028】請求項5記載の発明は、請求項3記載の半導体レーザ制御装置において、前記信号増減器は、前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの差動信号出力がゼロのときには信号増減度がゼロに設定され、前記差動信号出力がゼロ以外のときにはその正負に応じて信号増減度が正負の何れかの値に設定される。

【0029】従って、請求項3記載の発明を実現する上で、基準温度を半導体レーザの通常使用温度とした場合などにおいて、或る温度時の動作電圧VLDを基準としこの基準に対して信号増減度の正負をとることにより、或る温度を中心とした高精度な光出力補正を行うことができる。

【0030】請求項6記載の発明は、請求項2記載の半導体レーザ制御装置において、前記第2の信号増幅器は、前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの差動信号出力が最大値又は最小値をとるときには信号増幅率が1に設定され、前記差動信号出力の値に応じて前記信号増幅率が1より小さい値又は1より大きい値の何れかに可変設定される。

【0031】従って、請求項2記載の発明を実現する上で、基準温度信号VLD0と動作電圧VLDとの差動信号をとり、差動信号出力が最大値又は最小値をとる場合に信号増幅率を1と設定することで、差動信号出力値に応じて信号増幅率が1より小さい値又は1より大きい値の何れかのみをとるように制御を行うことにより、発光レベルモニタ信号の補正値を換算しやすい構成とすることで、温度に依らず光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0032】請求項7記載の発明は、請求項3記載の半導体レーザ制御装置において、前記信号増減器は、前記基準温度信号VLD0と前記動作電圧VLDとの差動信号出力が最大値又は最小値をとるときには信号増減度がゼロに設定され、前記差動信号出力の値に応じて前記信号増減度が負の値又は正の値の何れかに可変設定される。

【0033】従って、請求項3記載の発明を実現する上で、基準温度信号VLD0と動作電圧VLDとの差動信号をとり、差動信号出力が最大値又は最小値をとる場合に信号増減度をゼロと設定することで、差動信号出力値に応じて信号増減度が負の値又は正の値の何れかのみをとるように制御を行うことにより、発光レベルモニタ信号の補正値を換算しやすい構成とすることで、温度に依らず光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0034】また、請求項4又は5記載の発明を実現する上で、基準温度信号VLD0を取得する温度条件を、半導体レーザの使用温度範囲の中央値近傍に設定することにより、温度特性によるレーザ発光時の光出力値補正を行う差動信号出力を、ゼロを中心とする正負の小信号による補正が可能となり、温度に依らず光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0035】また、請求項6又は7記載の発明を実現する上で、基準温度信号VLD0を取得する温度条件を、差動信号出力が最大値で1となる場合には半導体レーザの使用温度範囲の上限近傍に設定することで、例えば、信号増幅率は常に1より小さい値となるためモニタ電圧として微小な値をとることができ、半導体レーザの温度変動が小さい場合などにおいて、温度に依らず高精度な光出力制御を行うことができる。逆に、基準温度信号VLD0を取得する温度条件を、差動信号出力が最小値で1となる場合には半導体レーザの使用温度範囲の下限近傍に設定することで、信号増幅率は常に1より大となるため、半導体レーザの動作電流の温度変動が大きい場合などに、温度変化による光出力補正を高精度に行うことができる。信号増減度の場合も同様である。

【0036】また、請求項1ないし3記載の発明を実現する上で、基準温度信号VLD0を設定するため、発光レベル制御信号Vcを入力信号として、予め特定の温度条件Tにおける動作電圧VLDと発光レベル制御信号Vcの光出力制御範囲に渡るデータをメモリバッファに保

存しておき、実際に入力される発光レベル制御信号 V_c の値に基づいて温度 T 時の基準温度信号 V_{LD} をメモリバッファから読み出して設定することで、発光レベルモニタ信号の制御を行うことにより、或る温度条件 T における光出力値を基準として、高精度な光出力補正を行うことができる。

【0037】また、請求項1又は2記載の発明を実現する上で、発光レベルモニタ信号の値を決定する信号増幅器ないしは第2の信号増幅器の信号増幅率を設定するために、或る温度条件 T における発光レベル制御信号、動作電圧及び信号増幅率の関係を基準値として設定し、実際に入力される発光レベル制御信号のレベルにより動作電圧に対する信号増幅率の値を変更させる機能を有する信号変換器を用いることにより、温度変化時にも高精度な発光レベルモニタ信号制御が行え、温度に依らず発光レベル制御信号により決まる一定の光出力を高精度に得ることができる。

【0038】また、請求項3記載の発明を実現する上で、発光レベルモニタ信号の値を決定する信号増減器の信号増減度を設定するために、或る温度条件 T における発光レベル制御信号、動作電圧及び信号増減度の関係を基準値として設定し、実際に入力される発光レベル制御信号のレベルにより動作電圧に対する信号増減度の値を変更させる機能を有する信号変換器を用いることにより、温度変化時にも高精度な発光レベルモニタ信号制御が行え、温度に依らず発光レベル制御信号により決まる一定の光出力を高精度に得ることができる。

【0039】

【発明の実施の形態】本発明の第一の実施の形態を図1ないし図7に基づいて説明する。図19及び図20で示した部分と同一部分は同一符号を用いて示し、説明も省略する（以降の各実施の形態でも順次同様とする）。

【0040】まず、図20で前述した従来技術では、半導体レーザLDの発光時の発光レベルを制御する発光レベル制御信号 V_c と、受光素子PDによるモニタ電圧 V_m との差動信号により発光時のレベルを制御し、半導体レーザLDの消灯時のバイアスレベルを制御するバイアスレベル制御信号と、LD駆動電流を抵抗RLDにより電圧値変換して得られる動作電圧 V_{LD} との差動信号により消灯時のレベルを制御し、発光レベル制御を行うモニタ電圧 V_m を信号増幅器11で増幅することでモニタ電流 I_m が微小な値の場合にも高精度の発光レベル制御を行っている。

【0041】上記の構成において、温度 $T_1 < T_2 < T_3$ の3状態での動作電流、動作電圧と光出力との関係、及び、モニタ電流、モニタ電圧と光出力との関係を図2に示す。

【0042】温度 T_2 を基準温度とし、この基準温度 T_2 のときに所定の光出力 P_2 が得られるように発光レベル制御信号を設定する（ $V_c 2$ とする）。このときの制御

を考えると、設定初期は発光レベル制御信号 $V_c 2$ と発光レベルモニタ信号 $V_{ma} 2$ が釣り合っていないとする、半導体レーザLDにはLD駆動電流を増減のどちらかを行う制御がかかり、半導体レーザLDの発光量は変化する。そのときの発光量により受光素子PDにはモニタ電流 I_m が流れるが、温度 T_2 の場合に光出力 P_2 が得られるにはモニタ電流として $I_m 2$ の電流が、モニタ電圧 $V_m 2$ としては $V_m 2 = I_m 2 \times R_{PD}$ が得られる必要がある。このとき発光量 P_2 を得るためにには、モニタ電圧を信号増幅器11により信号増幅（信号増幅率 A_2 とする）して得られる発光レベルモニタ信号 $V_{ma} 2 (= A_2 \times V_m 2)$ が発光レベル制御信号 $V_c 2$ と釣り合うように信号増幅器11の信号増幅率 A_2 を決めてやれば良い。

【0043】同様に、温度 T_2 のときに光出力 P_2' を得るための発光レベル制御信号を $V_c 2'$ とすると、モニタ電流 $I_m 2'$ 、モニタ電圧 $V_m 2'$ となり、上述の場合と同様に発光レベルモニタ信号 $V_{ma} 2' = A_2' \times V_m 2'$ となるように信号増幅器11の信号増幅率を決めてやれば良い。

【0044】但し、温度一定時における光出力とモニタ電流との関係を1次式に近似する場合、モニタ電流は光出力に比例し、モニタ電流を電圧変換したモニタ電圧もまた比例するため、モニタ電圧を信号増幅する信号増幅率を一定値、例えば、 A_2 とした場合、光量とモニタ電圧、及びモニタ電圧を信号増幅した発光レベルモニタ信号も光量に比例した値をとる。発光レベル制御信号が光量に対してある一定倍率で増加しているとするとき、発光レベルモニタ信号が或る光量における発光レベル制御信号と等しくなるように信号増幅器11の信号増幅率を決めることにより、温度 T_2 のときににおける光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0045】しかし、上記構成では温度が T_2 から例えば低い温度 T_1 に変化した場合、モニタ電流—光出力特性の傾きが変わるために所望の光出力 P_2 を得ることができない。図3に図2の拡大図及び上記不具合の解決法について示す。いま、モニタ信号の信号増幅を行う信号増幅率を、温度 T_2 のときに最適化した値 A_2 であるとする。このとき温度 T_2 の場合には、発光レベル制御信号 $V_c 2$ と発光レベルモニタ信号 $V_{ma} 2 = A_2 \times V_m 2$ との間には、 $V_c 2 = V_m 2$ が成立し、その時の動作電流を I_{LD2} とする。

【0046】温度が T_1 と低くなった場合、モニタ電流と光出力の関係は図3(b)中に示すように傾きが変化し、前述の制御方法ではモニタ電圧が $I_m 2$ のときに光出力 P_2 を得るように設定しているため、温度 T_1 時にはモニタ電流は $I_m 2$ で平衡を保ち、モニタ電圧が $V_m 2$ 、発光量が P_1 となり、そのときの動作電流は I_{LD1} となり所望の光量 P_2 から誤差が生じてしまう。

【0047】同様に、温度が T_2 から高い温度 T_3 に変

化した場合、モニタ電流-光出力特性の傾きが変わり、所望の光出力 P_2 を得ることができない。温度が T_3 と高くなった場合、モニタ電流と光出力の関係は図3(b)中に示すように傾きが変化し、温度 T_3 時にはモニタ電流は I_{m2} で平衡を保つので、発光量が P_3 となり、そのときの動作電流は I_{LD3} となり、所望の光量 P_2 から誤差が生じてしまう。

【0048】このようなことから、本実施の形態では、温度変化時における発光レベルモニタ信号と発光レベル制御信号により制御し出力される光出力値を、温度に依らず発光レベル制御信号により設定した光出力を得る制御を行うものである。即ち、本実施の形態は、例えば、図20に示したような構成を基本とし、半導体レーザLDと受光素子PDとの各々が持つ温度特性により発光レベル制御に生じる誤差を補正する手段を講じたものである。具体的には、信号増幅率Aが可変自在であり、基準温度信号V_{LDO}と半導体レーザLDの動作電圧V_{LD}との値に応じて信号増幅率Aが設定される信号増幅器21をモニタ信号増幅用に用いたものである。

【0049】図1ないし図3において、温度 T_2 を基準温度として基準温度 T_2 時のモニタ電流 I_{m2} 、モニタ電圧 V_{m2} 、信号増幅器21の信号増幅率を A_2 、発光レベルモニタ信号を V_{ma2} とする。このとき、光出力 P_2 を得るための発光レベル制御信号を V_{c2} すると、 $V_{c2} = V_{ma2} = A_2 \times V_{m2} = A_2 \times I_{m2} \times RPD$ が成立つ。

【0050】ここで、温度が T_2 で一定の場合には、モニタ電流と光出力との間には、両出力値が0を基準とした線形に近似できる関係があり、発光レベル制御信号 V_{c2} と光出力 P との間には発光レベル制御範囲が LD 発光領域では線形に近似できる関係があるので、LD 発光領域において発光レベル制御信号 V_{c2} とモニタ電流 I_{m} の間にも一定の線形に近似できる関係がある。この関係を本実施の形態では、信号増幅率 A_2 と置くことにより、温度 T_2 時の発光レベル制御信号 V_{c2} に対する光出力 P を、発光レベル制御信号 V_{c2} を所定の設定とすることにより得ることができる。

【0051】また、温度 T_2 から低い温度 T_1 に変化した場合、図3に示すようにモニタ電流-光出力特性の傾きが変わり、制御としては基準温度 T_2 時の発光レベル制御信号 V_{c2} に対して釣り合うように、モニタ電流 I_{m2} 、モニタ電圧 V_{m2} となる光出力 P_1 が得られることになる(図3①参照)。このとき動作電流としては I_{LD1} が得られるが(図3②参照)、この値は温度 T_2 の基準温度時における I_{LD2} より小さい値となっている。そこで、温度 T_1 時に光出力 P_2 が得られるような動作電流を $A_1 \times I_{LD1}$ とすると、このときのモニタ電流としては I_{m1} が得られる(図3④参照)。

【0052】よって、温度 T_2 時における発光レベルモニタ信号 V_{c2} に対して、モニタ電流として I_{m1} が流れている場合には光出力としては温度 T_2 と同じように P_2 が得られることになる。つまり、モニタ電流が I_{m1} となるということは、モニタ電圧が $V_{m3} = I_{m1} \times RPD$ となればよいわけであり、温度 T_3 時に得られる動作電流 I_{LD3} 、動作電圧 V_{LD3} と、基準温度 T_2 時の動作電流 I_{LD2} 、動作電圧 V_{LD2} (図1では V_{LD2} を基準温度信号 V_{LDO} とする)との比較値により、基準温度に対する温度変化が分かる。比較値によって信号増幅器21の信号増幅率Aを変化させ、温度 T_3 時にはモニタ電圧 V_{m2} 、発光レベルモニタ信号 $V_{ma2} = A_2 \times V_{m2} = V_{c2}$ で釣り合う制御を、モニタ電圧 V_{m3} 、発光レベルモニタ信号 $V_{ma3} = A_3 \times V_{m3} = V_{c2}$ となるように制御する。これにより、温度 T_3 時にも基準温度 T_2 時と同様の発光レベル制御信号 V_{c2} により、温度変化に依らず高精度の光出力制御を行うことができる。

【0053】同様に、温度 T_2 から高い温度 T_3 に変化した場合、図3に示すようにモニタ電流-光出力特性の傾きが変わり、制御としては基準温度 T_2 時の発光レベル制御信号 V_{c2} に対して釣り合うように、モニタ電流 I_{m2} 、モニタ電圧 V_{m2} となる光出力 P_3 が得られることがある(図3①参照)。このとき動作電流としては I_{LD3} が得られるが(図3②参照)、この値は温度 T_2 の基準温度時における I_{LD2} より大きい値となっている。そこで、温度 T_3 時に光出力 P_2 が得られるような動作電流を $A_3 \times I_{LD3}$ とすると、このときのモニタ電流としては I_{m3} が得られる(図3④参照)。

【0054】よって、温度 T_2 時における発光レベルモニタ信号 V_{c2} に対して、モニタ電流として I_{m3} が流れている場合には光出力としては温度 T_2 と同じように P_2 が得られることになる。つまり、モニタ電流が I_{m3} となるということは、モニタ電圧が $V_{m3} = I_{m3} \times RPD$ となればよいわけであり、温度 T_3 時に得られる動作電流 I_{LD3} 、動作電圧 V_{LD3} と、基準温度 T_2 時の動作電流 I_{LD2} 、動作電圧 V_{LD2} (図1では V_{LD2} を基準温度信号 V_{LDO} とする)との比較値により、基準温度に対する温度変化が分かる。比較値によって信号増幅器21の信号増幅率Aを変化させ、温度 T_3 時にはモニタ電圧 V_{m2} 、発光レベルモニタ信号 $V_{ma2} = A_2 \times V_{m2} = V_{c2}$ で釣り合う制御を、モニタ電圧 V_{m3} 、発光レベルモニタ信号 $V_{ma3} = A_3 \times V_{m3} = V_{c2}$ となるように制御する。これにより、温度 T_3 時にも基準温度 T_2 時と同様の発光レベル制御信号 V_{c2} により、温度変化に依らず高精度の光出力制御を行うことができる。

【0055】次に、各温度 T_2 、 T_1 、 T_3 における本実施の形態のタイムチャートを図4ないし図6に示す(図4は温度 T_2 の時、図5は温度 T_1 の時、図6は温度 T_3 の時を各々示している)。

【0056】本実施の形態では、変調信号が或る一定期

間、ここでは τ 連続した発光或いは消灯の状態のときに、発光レベル、消灯レベルの値を制御するものである。

【0057】まず、図4より、温度T2時に発光レベル制御信号Vc2のとき変調信号の立ち上がりて時間後に発光レベルの制御を開始する発光制御信号がオンとなる。制御前のモニタ信号をVm0、発光レベルモニタ信号をVm a0、光出力をP0としたとき、発光制御信号がオンとなったとき発光レベル制御信号Vc2に対して発光レベルモニタ信号Vm aが釣り合うように制御を行い、制御後にはモニタ信号Vm2=1m2×RPD、発光レベルモニタ信号Vm a2=A2×Vm2=Vc2、光出力P2となる。

【0058】これに対して温度がT1のように低くなった場合には、動作電圧VLDOと基準温度信号VLDOとの値により信号増幅器21の信号増幅率をA2からA1と変化させることによって、モニタ信号Vm1=1m1×RPD、発光レベルモニタ信号Vm a1=A1×Vm1=Vc2、光出力P2となり、温度変化時にも発光レベル制御信号に依らず一定の光出力を得ることができる。

【0059】一方、温度がT3のように高くなった場合には、動作電圧VLDOと基準温度信号VLDOとの値により信号増幅器21の信号増幅率をA2からA3と変化させることによって、モニタ信号Vm3=1m3×RPD、発光レベルモニタ信号Vm a3=A3×Vm3=Vc2、光出力P2となり、温度変化時にも発光レベル制御信号に依らず一定の光出力を得ることができる。

【0060】なお、図7は本実施の形態について、信号増幅器21の具体的な構成例を示すものである。即ち、信号増幅器21をオペアンプ22により構成し、基準温度信号VLDOと動作電圧VLDOにより決める信号増幅率Aを、減算器23により得られる基準温度信号VLDOと動作電圧VLDOとの差動信号の振幅値により決定し、オペアンプ22の出力値制御を行う構成とされている。

【0061】より具体的には、差動増幅型のオペアンプ22により構成されており、正相に基準温度信号VLDOと動作電圧VLDOの差動信号(VLD-VLD0)を、負相にモニタ電圧(Vm)を入力したオペアンプ22により、次式に示す発光レベルモニタ信号Vm aに増幅される。

【0062】 $Vm a = (R2/R1) \{ (VLD - VLDO) - Vm \}$

よって、差動信号(VLD-VLD0)とオペアンプ22の信号増幅率Aを決定する抵抗R1、R2の組合せによりモニタ電圧Vmに対して発光レベルモニタ信号Vm aが発光レベル制御信号Vcと等しくなり、かつ、光出力値が一定となるような制御を行うことにより、温度検出器などを用いて半導体レーザLD及び受光素子PDの

温度変動の影響を受けることなく、発光レベル制御信号Vcに基づく一定の光出力を高精度に得ることができるもの。

【0063】本発明の第二の実施の形態を図8及び図9に基づいて説明する。本実施の形態では、温度変化における光出力値Pを温度に依らず一定に保つため、発光レベル制御信号Vcとその比較信号である発光レベルモニタ信号Vmとが等しい値をとる構成において、発光レベルモニタ信号の基準となるモニタ電圧Vmを或る一定の信号増幅率Bで信号増幅する第1の信号増幅器24と、基準温度信号VLDOと動作電圧Vmとにより信号増幅率Cを設定して第1の信号増幅器24の出力信号であるモニタ電圧Vm'を信号増幅する第2の信号増幅器25とにより、信号増幅器21に相当する信号増幅器を構成したものである。

【0064】本実施の形態においても、その基本原理は前述の実施の形態の場合と同じであるが、本実施の形態では、微小信号であるモニタ電圧を信号増幅する第1の信号増幅器24と、第1の信号増幅器24により信号増幅されたモニタ電圧Vm'を基準温度に対して温度変化分だけ信号増幅する第2の信号増幅器25とを有し、この第2の信号増幅器25の信号増幅率Cを、基準温度信号VLDOと動作電圧VLDOとの両信号より求めて、温度変化分の信号増幅を行わせるようにしたものである。

【0065】本実施の形態の構成によれば、微小な信号であるモニタ電圧を一旦第1の信号増幅器24により一定の信号増幅率Bで信号増幅した後に、温度変化分に相当する信号増幅率Cの信号増幅を第2の信号増幅器25により行うことにより、温度変化分の信号変動を高精度に制御でき、結果として得られる光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0066】なお、図9は本実施の形態について、第1、第2の信号増幅器24、25の具体的な構成例を示すものである。図9に示す例では、第1、第2の信号増幅器24、25は何れもオペアンプ26、27と減算器28により構成され、各々の出力信号であるモニタ信号Vm'、発光レベルモニタ信号Vm aは次の式で示される。

【0067】 $Vm' = -(R2/R1) (Vm)$
 $Vm a = (R4/R3) \{ (VLD - VLDO) - Vm' \}$

上式よりモニタ信号Vmと発光レベルモニタ信号Vm aの関係は次式で示される。

【0068】 $Vm a = (R4/R3) \{ (VLD - VLDO) + (R2/R1) (Vm) \}$

本実施の形態によれば、温度が低くなった場合には動作電圧VLDOが下がり信号増幅率Cは減少するが、温度が高くなった場合には動作電圧VLDOが上がり信号増幅率Cは増加する。このような信号増幅率Cを半導体レーザLDの特性、基準温度に基づいて設定することにより、

温度変化分の信号変動を高精度に制御でき、結果として得られる光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0069】本発明の第三の実施の形態を図10及び図11に基づいて説明する。本実施の形態では、温度変化時における光出力値P'を温度に依らず一定に保つため、発光レベル制御信号Vcとその比較信号である発光レベルモニタ信号Vmとが等しい値をとる構成において、発光レベルモニタ信号の基準となるモニタ電圧Vmを或る一定の信号増幅率Dで信号増幅する第1の信号増幅器29と、この第1の信号増幅器29により信号増幅され得られたモニタ電圧Vm'を基準温度信号VLDOと動作電圧Vmとの値に基づいて設定される信号増減度Eで電圧値(振幅値)の増減を行う信号増減器30とにより、信号増幅器21に相当する信号増幅器を構成したものである。

【0070】なお、本実施の形態において、信号増減器30によりモニタ電圧Vm'の信号振幅値を増減する度合いを「信号増減度」と呼び、信号増減度Eがゼロのときは入力信号をそのまま出力信号として出し、信号増減度Eが正のときは入力信号の振幅を増加し、信号増減度Eが負のときは減少させることとする。

【0071】本実施の形態の基本原理は第一の実施の形態の場合とほぼ同じであるが、本実施の形態においては、微小信号であるモニタ電圧を信号増幅する第1の信号増幅器29と、第1の信号増幅器29により信号増幅されたモニタ電圧Vm'を、基準温度信号VLDOと動作電圧VLDOとの両信号に基づいて設定される信号増減度Eで基準温度に対する温度変化分だけモニタ電圧Vm'の振幅値の増減を行う信号増減器30とを備える点を特徴としている。前述の第一、第二の実施の形態においては、温度変化時のモニタ電圧の補正を、モニタ信号又は一旦増幅後のモニタ信号を信号増幅することにより行っているのに対して、本実施の形態では、温度変化分だけ信号の振幅値を信号増減器30で増減することにより、微小な電圧変動を行うことができ、高精度なモニタ電圧補正、ひいては光出力の温度変化に対する高精度な補正を行うことができる。

【0072】なお、図11は本実施の形態について、第1の信号増幅器29、信号増減器30の具体的な構成例を示すものである。図11に示す例では、第1の信号増幅器29はオペアンプ31により構成され、信号増減器30はオペアンプ32と減算器28により構成され、各々の出力信号であるモニタ信号Vm'、発光レベルモニタ信号Vm'aは次の式で示される。

$$[0073] Vm' = - (R2/R1) (Vm) \\ Vm'a = - (VLDO - VLDO) - Vm'$$

上式よりモニタ信号と発光レベルモニタ信号Vm'aの関係は次式で示される。

$$[0074] Vm'a = (VLDO - VLDO) + (R2/R1) (Vm)$$

本実施の形態によれば、温度が低くなった場合には動作電圧VLDOが下がり信号増減度Eは減少するが、温度が高くなった場合には動作電圧VLDOが上がり信号増減度Eは増加する。このような信号増減度Eを半導体レーザLDの特性に基準温度に基づいて設定することにより、温度変化分の信号変動を高精度に制御でき、結果として得られる光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0075】本発明の第四の実施の形態を図12に基づいて説明する。本実施の形態は、例えば、図10や図11に示したような構成の場合の信号増減器30の信号増減度Eの決定に関する。基本的には、信号増減器30の信号増減度Eを決めるために、基準温度信号VLDOと動作電圧VLDOとの差動信号をとり、差動信号出力がゼロのときの信号増減度Eをゼロとして、差動出力信号の正負に応じて信号増減度Eが正負の何れかの値となるよう制御を行うものである。

【0076】図10に示した実施の形態によれば、或る光出力値に対してモニタ電圧Vmが得られるとき、モニタ電圧Vmは信号増幅器29で信号増幅率Dにより信号増幅され、その後、基準温度信号VLDOと動作電圧VLDOとに基づいて決められる信号の振幅値の増減を行う信号増減器30により信号増減度Eだけ振幅が変化し、最終的に発光レベルモニタ信号Vm'aが得られる構成となっている。

【0077】このような構成における温度変化時の挙動を図3により説明する。いま、温度T2のとき基準温度信号VLDOと動作電圧VLDO2が釣り合うとする(VLDO - VLDO2 = 0)。このとき信号増減度Eはゼロ(E = 0)となり信号の増減は行われないため、発光レベルモニタ電圧Vm'aとしては信号増幅器29によるD倍の信号増幅のみが行われる。

【0078】これに対して、温度T2より高くなる温度T3の場合の動作電圧は、温度T2での動作電圧VLDO2 (= VLDO) に比べ高い値VLDO3となり(VLDO - VLDO3 < 0)、光出力はP3と所望の値より低くなる。このとき光出力が温度T2時の発光レベル制御信号Vc2に基づく出力値P2となるようにするために、信号増減器30の信号増減度Eを温度変化による基準温度信号VLDOと動作電圧VLDOとの差動信号に基づいて変化させる。動作電流ILD3、動作電圧VLDO3を上げるように、信号増減度Eが負の値をとるようになる(E < 0)ことで、モニタ電流Im、モニタ電圧Vmが増加し、モニタ電圧Vm3のときに発光レベルモニタ信号と発光レベル制御信号が釣り合うように動作電圧VLDOと基準温度信号VLDOにに基づいて信号増減度Eを設定することにより、発光レベルモニタ信号Vm'aを補正し、温度T2時の発光レベル制御信号Vc2による所望の光出力を温度変化時にも得ることができる。

【0079】温度T2より低くなる温度T1の場合は、上記とは逆方向の制御となり、動作電圧は、温度T

2での動作電圧 V_{LD2} ($=V_{LD0}$) に比べ低い値 V_{LD1} となり ($V_{LD0}-V_{LD1} > 0$)、光出力は P_1 と所望の値より高くなる。よって、動作電流 I_{LD1} 、動作電圧 V_{LD1} を下げるよう、信号増減器30の信号増減度 E が正の値をとるようとする ($E > 0$) ことで、モニタ電流 I_m 、モニタ電圧 V_m が増加し、モニタ電圧が V_m3 のときに発光レベルモニタ信号と発光レベル制御信号が釣り合うように動作電圧と基準温度信号に基づいて信号増減度 E を設定することにより、発光レベルモニタ信号 V_{ma} を補正し、温度 T_2 時の発光レベル制御信号 V_c2 による所望の光出力を温度変化時にも得ることができる。

【0080】本実施の形態によれば、或る温度における動作電圧を基準として基準に対して信号増減度 E の大小をとることにより、或る温度付近では第1の信号增幅器29のみの補正となり、ある温度を中心とした高精度な光出力補正を行うことができる。

【0081】なお、特に図示しないが、図8に示したように第2の信号增幅器25を用いた構成の場合であれば、基準温度信号 V_{LD0} と動作電圧 V_{LD} との差動信号出力がゼロのときには第2の信号增幅器25の信号増幅率 C を1に設定し、差動信号出力がゼロ以外のときにはその正負に応じて信号増幅率 E が1に対して大小何れかの値に設定されるようにすればよい。即ち、 $V_{LD0}-V_{LD}=0$ であれば $E=1$ 、 $V_{LD0}-V_{LD}>0$ であれば $E>1$ 、 $V_{LD0}-V_{LD}<0$ であれば $E<1$ に設定すればよい。

【0082】従って、図8に示した構成の場合でも、基準温度を半導体レーザLDの通常使用温度とした場合などにおいて、或る温度時の動作電圧 V_{LD} を基準としこの基準に対して信号増幅率 C の大小をとることにより、或る温度を中心とした高精度な光出力補正を行うことができる。

【0083】本発明の第五の実施の形態を図12に基づいて説明する。本実施の形態も、例えば、図10や図11に示したような構成の場合の信号増減器30の信号増減度 E の決定に関する。基本的には、信号増減器30の信号増減度 E を決めるために、基準温度信号 V_{LD0} と動作電圧 V_{LD} との差動信号をとり、この差動信号出力が最大値又は最小値をとる場合の信号増減度 E をゼロとして、差動信号出力値の正負に応じて信号増減度 E が正の値又は負の値の何れかのみとなるよう制御を行うものである。

【0084】信号増減度 E を正の値又は負の値なる一方で変化することにより、信号補正を換算しやすい構成により温度に依らず高精度な光出力を得ることができる。

【0085】例えば、差動信号出力が最小値 ($V_{LD0}-V_{LD}=MIN$) をとる場合に信号増減度 E をゼロ ($E=0$) となるよう制御する場合には、差動信号出

力としてはゼロより大きい正の値 ($(V_{LD0}-V_{LD}) > MIN$) をとり、信号増減度 E も $E>0$ となる。よって、例えば差動信号出力の最小値を半導体レーザLDの使用温度範囲の下限近傍に設定することにより、通常使用状態では常に一定以上の正の値を信号増減器30の信号増減度 E により与える制御を行うことになる。

【0086】逆に、差動信号出力が最大値 ($V_{LD0}-V_{LD}=MAX$) をとる場合に信号増減度 E をゼロ ($E=0$) となるよう制御する場合には、差動信号出力としてはゼロより小さい負の値 ($(V_{LD0}-V_{LD}) < MAX$) をとり、信号増減度 E も $E<0$ となる。よって、例えば差動信号出力の最大値を半導体レーザLDの使用温度範囲の上限近傍に設定することにより、通常使用状態では常に一定以上の負の値を信号増減器30の信号増減度 E により与える制御を行うことになる。

【0087】なお、特に図示しないが、図8に示したように第2の信号增幅器25を用いた構成の場合であれば、第2の信号增幅器25の信号増幅率 C を決めるために、基準温度信号 V_{LD0} と動作電圧 V_{LD} の差動信号をとり、この差動信号出力が最大値又は最小値をとる場合の信号増幅率を1と設定し、差動信号出力値の正負に応じて信号増幅率が1より大きい値又は小さい値の何れかの値のみとなるよう制御を行えばよい。

【0088】本発明の第六の実施の形態を図13に基づいて説明する。本実施の形態は、第四の実施の形態を実現する上で、基準温度信号 V_{LD0} を取得する温度条件を、半導体レーザLDの使用温度範囲の中央値近傍に設定するようにしたものである。

【0089】前述の第四の実施の形態によれば、温度変動による光出力の補正を行う発光レベルモニタ信号の信号増減度 E (又は、信号増幅率 C) を、基準温度出力信号 V_{LD0} と動作電圧 V_{LD} との差動信号により決定するものであり、本実施の形態では差動信号の値がゼロとなるときを半導体レーザLDの使用温度範囲の中央値近傍である基準温度に設定することによって、半導体レーザLDの通常使用温度状態では信号増減器30の信号増減度 E はほぼゼロとなり、第1の信号增幅器29のみによる信号増幅が行われると同等になる。

【0090】図13(a)に光出力-動作電流、動作電圧の関係を、(b)に光出力、モニタ電流、モニタ電圧の関係を示す。図13によれば、半導体レーザLDの使用温度範囲の中央値近傍を基準温度を T_2 とした場合、基準温度に対する温度の高低により温度が高い場合には信号増減度 E が正、低い場合には信号増減度 E が負となり、基準温度からの電圧差によって信号増減度 E の値を決めることにより、基準温度時を中心として光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0091】特に図示しないが、第2の信号增幅器25に対する信号増幅率 C の場合も同様である。

【0092】本発明の第七の実施の形態を図14に基づ

いて説明する。本実施の形態は、前述の第五の実施の形態を実現する上で、第2の信号増幅器25の信号増幅率Cを決める差動信号出力が最小値で1となる場合に基準温度信号VLD0を取得する温度条件を半導体レーザLDの使用温度範囲の下限近傍、例えばT1に設定したものである。

【0093】図14に差動信号出力が最小値で1となる場合の本実施の形態のモデル図を示す。基準温度を半導体レーザLDの使用温度範囲の下限値、ここではT1に設定した場合、第2の信号増幅器25の信号増幅率Cは常に1より大きい値をとる。信号増幅率Cが常に1より大となる場合には、半導体レーザLDの動作電流の温度変動が大きい場合などに温度変化による光出力補正を高精度に行うことができる。

【0094】特に図示しないが、信号増減器30に対する信号増減度Eの場合も同様である。

【0095】本発明の第八の実施の形態を図15に基づいて説明する。本実施の形態は、前述の第五の実施の形態を実現する上で、第2の信号増幅器25の信号増幅率Cを決める差動信号出力が最大値で1となる場合に基準温度信号VLD0を取得する温度条件を半導体レーザLDの使用温度範囲の上限近傍、例えば、T3に設定したものである。

【0096】図15に差動信号出力が最大値で1となる場合の本実施の形態のモデル図を示す。基準温度信号VLD0に対する動作電圧VLDの変動量は光出力一定制御を行う場合には、光出力-動作電流特性に基づいて変動する。基準温度を半導体レーザLDの使用温度範囲の上限値、ここではT3に設定した場合、第2の信号増幅器25の信号増幅率Cは常に1より小さい値をとる。信号増幅率Cが常に1より小となる場合には、モニタ電圧が微小な値をとり半導体レーザLDの温度変動が小さい場合などにおいて、高精度な光出力制御を行うことができる。

【0097】本発明の第九の実施の形態を図16に基づいて説明する。本実施の形態は、前述の実施の形態を実現する上で、実際に半導体レーザ制御装置の組みを行った後に、或る温度条件Tにおける動作電圧VLDと発光レベル制御信号Vcとの関係を光出力制御範囲分予めメモリバッファ34に保存しておき、実際に入力される発光レベル制御信号Vcに基づきメモリバッファ34から動作電圧VLDのデータを読み出して基準温度信号VLD0を第2の信号増幅器25に出力設定するようにしたものである。

【0098】このようにメモリバッファ34を利用することにより、発光レベルの補正を行う発光レベル制御信号Vcの値により温度T時の基準温度信号VLD0が求まる。温度変化時には差動信号VLD0-VLDの値により基準温度との差を検出し、微分量子効率が温度に依らず一定であると仮定した場合に、光出力PO、発光レ

ベル制御信号VcOのときの動作電圧の温度変化分を基準として信号増幅率C'に換算する。ここで、実際には温度変化により微分量子効率ηが変化するため、発光レベル制御信号がVcOのときの信号増幅率C''を1として、発光レベル制御信号Vcの値により微分量子効率による変動分を求め、VcがVcOより小さい場合には信号増幅率C''<1、VcOより大きい場合には信号増幅率C''>1として補正する。第2の信号増幅器25ではこのように信号増幅率C'、C''を決定し、トータルとして信号増幅率C=C'×C''により信号増幅を行う。

【0099】以上により、発光レベル制御信号Vcの値により基準温度信号VLD0をメモリバッファ34から読み込み、第2の信号増幅器25の信号増幅率Cを決定する構成とするにより、或る温度条件Tにおける光出力値を基準とした高精度な光出力補正を行うことができる。

【0100】特に図示しないが、信号増減器30を用いる構成の場合にも同様に適用できる。

【0101】本発明の第十の実施の形態を図17及び図18に基づいて説明する。本実施の形態は、前述の実施の形態を実現する上で、光出力Pを得る発光レベル制御信号Vcの設定のとき、発光レベルモニタ信号の値を決定する信号増幅器21、第2の信号増幅器25ないしは信号増減器30の、信号増幅率A、Cないしは信号増減度Eを設定するために、温度条件Tにおける発光レベル制御信号をVc2としたときの動作電圧VLD、信号増幅率A、Cないしは信号増減度Eの関係を基準値として設定し、発光レベル制御信号Vc2のレベルにより動作電圧VLDに対する信号増幅率A、Cないしは信号増減度Eの値を変更する機能を有する信号変換器35を付加したものである。

【0102】図17は第2の信号増幅器25を用いた場合への適用例を示す。第2の信号増幅器25の信号増幅率Cを決定する信号増幅率設定信号COが、動作電圧VLDと発光レベル制御信号Vcとにより決定する信号変換器35により出力設定される。

【0103】図18に信号変換器35の動作原理を示す。信号変換器35は、或る温度条件Tにおける発光レベル制御信号Vcと動作電圧VLDとにより、信号増幅率設定信号CO及びこの信号増幅率設定信号COにより一意的に求まる信号増幅率Cを決定する機能を有するものである。例えば、温度条件T2において発光レベル制御信号Vc2のとき、動作電圧としてVLD2が得られている場合には信号増幅率はC2と設定することにより、所望の光出力P2が得られるとする。

【0104】いま、温度変化により発光レベル制御信号Vc2が変わらず温度がT1に低下した場合を考えると、図3で説明したように動作電圧VLD1はVLD2より低い値となり、光出力はP1と低下する。このとき光出力がP2となるようなモニタ電圧Vm1となるよう

に、第2の信号増幅器25の信号増幅率CをC1に増加することにより、発光レベル制御信号に基づく一定の光出力P2が得られるようになる。

【0105】ここで、基準温度をT2とした場合において、動作電圧VLDと発光レベル制御信号Vcと信号増幅率Cの関係を図18に示す。光出力をP2からP1に増加した場合、つまり、発光レベル制御信号をVc2からVc1に増加した場合、図3において考えるとき、図18に示すように光出力P2、つまり、Vc2設定時ににおける動作電圧VLDと信号増幅率Cとの関係を1次式で近似する。このとき光出力つまりVc2を増加しVc1とするとモニタ電圧の変動分が大きくなり、動作電圧VLDがVLD2より小さい場合には温度が基準温度T2より低いと判断し、信号増幅率Cを基準温度T2における発光レベル制御信号がVc2の場合に比べて大きい値をとり、逆に動作電圧VLDがVLD2より大きい場合には温度が基準温度T2より高いと判断し、信号増幅率Cを基準温度T2における発光レベル制御信号がVc2の場合に比べて小さい値をとるものである。光出力をP2からP3に減少させた場合には、図18に示すように上述の場合とは逆の信号増幅率Cの傾向を持つことになる。

【0106】このように動作電圧VLD、発光レベル制御信号Vcにより一意的に決まる信号増幅率Cを決める信号変換器35を備える構成とすることにより、温度変化時にも高精度な発光レベルモニタ信号制御が行え、発光レベル制御信号Vcにより決まる一定の光出力を高精度に得ることができる。

【0107】特に図示しないが、信号増幅器21や信号増減器30を用いる構成の場合にも同様に適用できる。

【0108】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、半導体レーザの発光時の順方向電流を制御する光・電気負帰還ループの制御区間において、半導体レーザの発光レベルをモニタする発光レベルモニタ信号を増幅する信号増幅器の信号増幅率を、基準温度信号VLD0と動作電圧VLDとの値に応じて変更設定することにより、温度検出器などの他の検出器などを用いることなく、電気的な回路構成により温度変化に依らず光出力の安定した制御を行うことができる。

【0109】請求項2記載の発明によれば、請求項1記載の半導体レーザ制御装置において、信号増幅器を、半導体レーザの発光レベルをモニタする発光レベルモニタ信号の振幅値を増幅する第1の信号増幅器と、増幅されたこの信号を基準温度信号VLD0と動作電圧VLDとの値に応じて設定される信号増幅率で増幅する第2の信号増幅器とにより構成したので、第1の信号増幅器で大振幅信号として得られたモニタ電圧に含まれる温度特性を、基準温度信号VLD0と動作電圧VLDの値に基づいて信号増減度において微増、微減などの高精度な制御を行うことができ、温度検出器などの他の検出器などを用いることなく、電気的な回路構成により温度変化に依らず光出力の安定した制御を行うことができる。

より、温度検出器などの他の検出器などを用いることなく、電気的な回路構成により温度変化に依らず光出力の安定した制御を行うことができ、また、信号増幅をモニタ信号の振幅増幅を一定増幅率で行う第1の信号増幅器と、温度特性を補正するために動作電圧VLDと基準電圧信号VLD0とにより求まる倍率だけ微調変更する第2の信号増幅器とに分けた構成により、温度特性の微小な変動を高精度に補正することが可能となる。

【0110】請求項3記載の発明によれば、請求項1記載の半導体レーザ制御装置において、信号増幅器を、半導体レーザの発光レベルをモニタする発光レベルモニタ信号の振幅値を増幅する第1の信号増幅器と、増幅されたこの信号を基準温度信号VLD0と動作電圧VLDの値に応じて設定される信号増減度で振幅値の微増、微減を行う信号加減算器とにより構成したので、第1の信号増幅器で大振幅信号として得られたモニタ電圧に含まれる温度特性を、基準温度信号VLD0と動作電圧VLDの値に基づいて信号増減器において微増、微減などの高精度な制御を行うことができ、温度検出器などの他の検出器などを用いることなく、電気的な回路構成により温度変化に依らず光出力の安定した制御を行うことができる。

【0111】請求項4記載の発明によれば、請求項2記載の発明を実現する上で、基準温度を半導体レーザの通常使用温度とした場合などにおいて、或る温度時の動作電圧VLDを基準としこの基準に対して信号増幅率の大小をとることにより、或る温度を中心とした高精度な光出力補正を行うことができる。

【0112】請求項5記載の発明によれば、請求項3記載の発明を実現する上で、基準温度を半導体レーザの通常使用温度とした場合などにおいて、或る温度時の動作電圧VLDを基準としこの基準に対して信号増減度の正負をとることにより、或る温度を中心とした高精度な光出力補正を行うことができる。

【0113】請求項6記載の発明によれば、請求項2記載の発明を実現する上で、基準温度信号VLD0と動作電圧VLDとの差動信号をとり、差動信号出力が最大値又は最小値をとる場合に信号増幅率を1と設定することで、差動信号出力値に応じて信号増幅率が1より小さい値又は1より大きい値の何れかのみをとるように制御を行うことにより、発光レベルモニタ信号の補正値を換算しやすい構成とすることができ、温度に依らず光出力の高精度な制御を行うことができる。

【0114】請求項7記載の発明によれば、請求項3記載の発明を実現する上で、基準温度信号VLD0と動作電圧VLDとの差動信号をとり、差動信号出力が最大値又は最小値をとる場合に信号増減度をゼロと設定することで、差動信号出力値に応じて信号増減度が負の値又は正の値の何れかのみをとるように制御を行うことにより、発光レベルモニタ信号の補正値を換算しやすい構成

とすることができる、温度に依らず光出力の高精度な制御を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施の形態の半導体レーザ制御装置を示す回路構成図である。

【図2】その光出力、動作電流及びモニタ電流の関係を示す相関図である。

【図3】光出力、動作電流及びモニタ電流の関係の一部を抽出し拡大して示す相関図である。

【図4】温度T2の時の動作制御例を示すタイムチャートである。

【図5】温度T1の時の動作制御例を示すタイムチャートである。

【図6】温度T3の時の動作制御例を示すタイムチャートである。

【図7】より具体的な構成例を示す回路構成図である。

【図8】本発明の第二の実施の形態の半導体レーザ制御装置を示す回路構成図である。

【図9】より具体的な構成例を示す回路構成図である。

【図10】本発明の第三の実施の形態の半導体レーザ制御装置を示す回路構成図である。

【図11】より具体的な構成例を示す回路構成図である。

【図12】本発明の第四及び第五の実施の形態を示す部分的な回路構成図である。

【図13】本発明の第六の実施の形態の光出力、動作電流及びモニタ電流の関係を示す相関図である。

【図14】本発明の第七の実施の形態の光出力、動作電流及びモニタ電流の関係を示す相関図である。

【図15】本発明の第八の実施の形態の光出力、動作電流及びモニタ電流の関係を示す相関図である。

【図16】本発明の第九の実施の形態の半導体レーザ制御装置を示す回路構成図である。

【図17】本発明の第十の実施の形態の半導体レーザ制御装置を示す回路構成図である。

【図18】その動作原理図である。

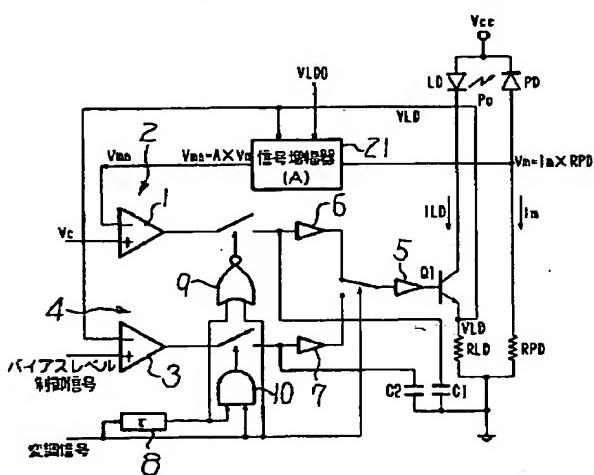
【図19】光・電気負帰還ループを用いた従来の半導体レーザ制御装置を示す回路構成図である。

【図20】モニタ信号增幅用の信号増幅器を備える従来の半導体レーザ制御装置を示す回路構成図である。

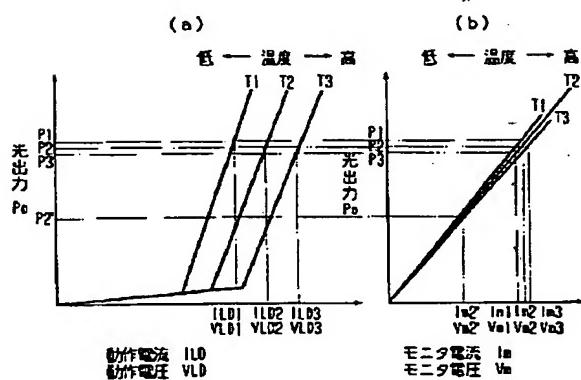
【符号の説明】

- | | |
|------|---------------|
| 1 | 第1の誤差増幅部 |
| 2 | 第1の光・電気負帰還ループ |
| 3 | 第2の誤差増幅部 |
| 4 | 第2の光・電気負帰還ループ |
| 5 | 電流駆動部 |
| 6, 7 | サンプルホールド回路 |
| 21 | 信号増幅器 |
| 24 | 第1の信号増幅器 |
| 25 | 第2の信号増幅器 |
| 29 | 第1の信号増幅器 |
| 30 | 信号増減器 |
| 34 | メモリバッファ |
| 35 | 信号変換器 |
| L D | 半導体レーザ |
| P D | 受光素子 |
| Q1 | 駆動トランジスタ |

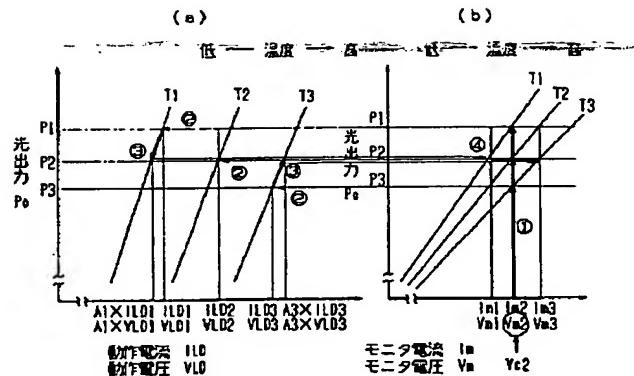
【図1】



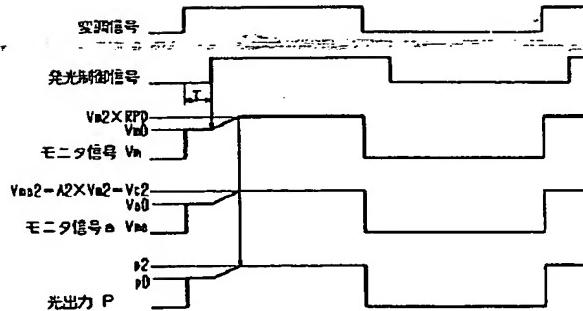
【図2】



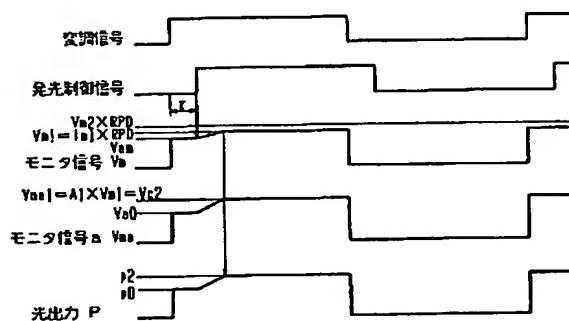
【図3】



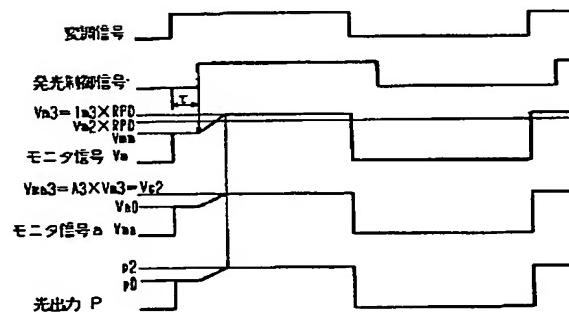
【図4】



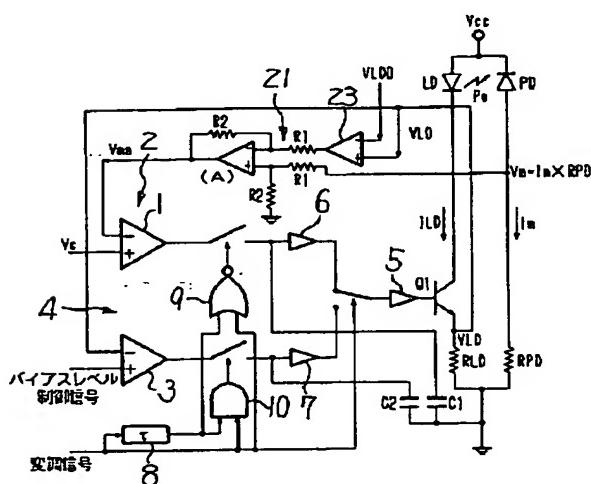
【図5】



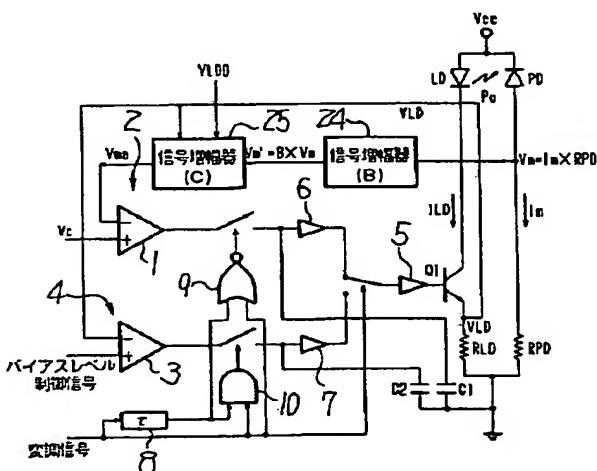
【図6】



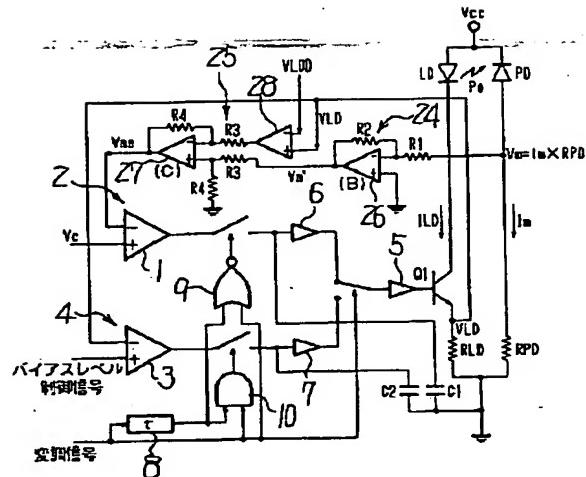
【図7】



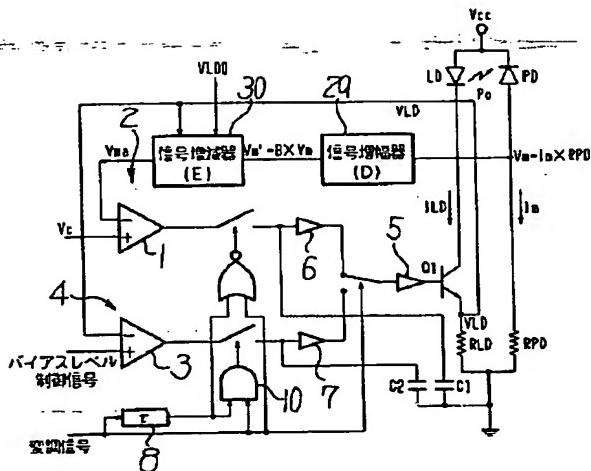
【図8】



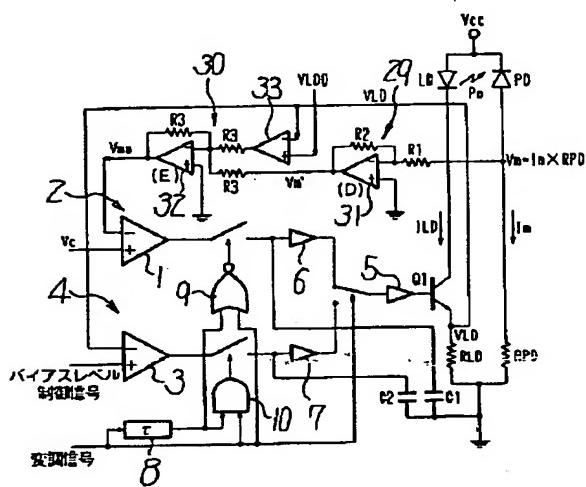
【図9】



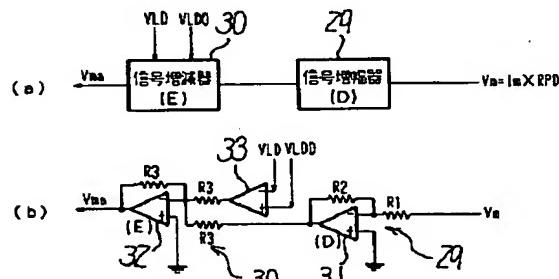
【図10】



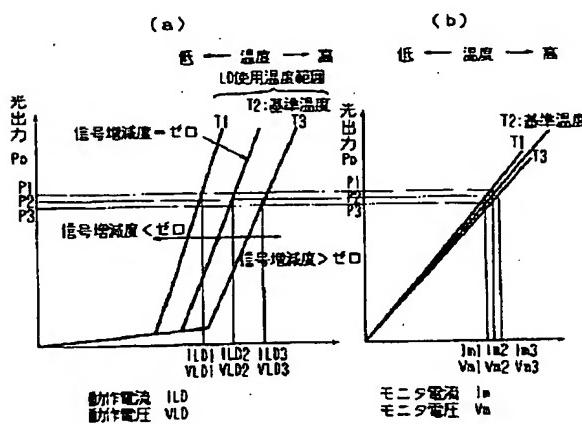
【図11】



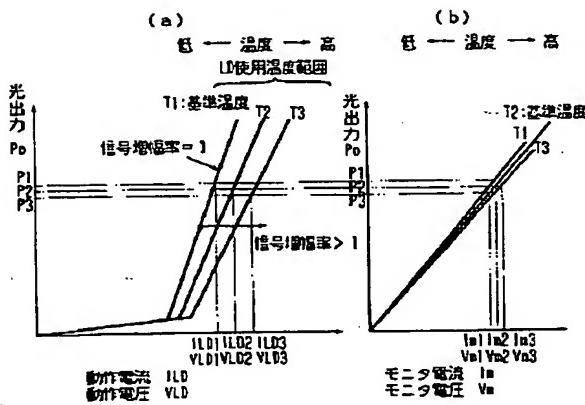
【図12】



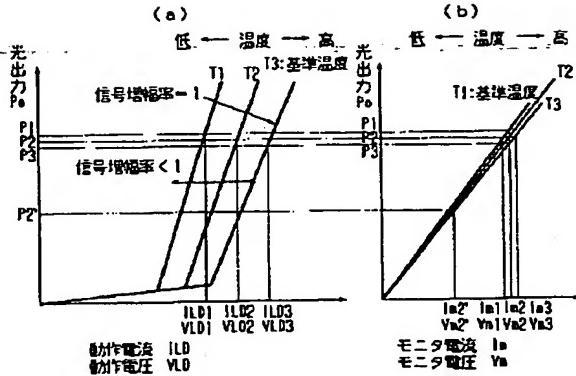
【図13】



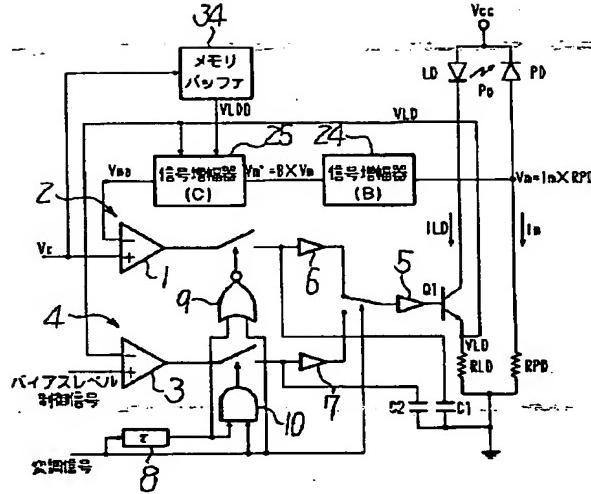
【図14】



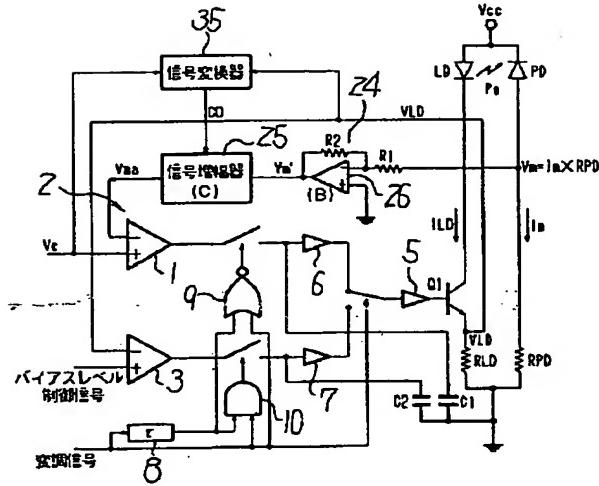
【図15】



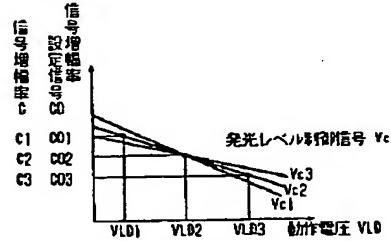
【図16】



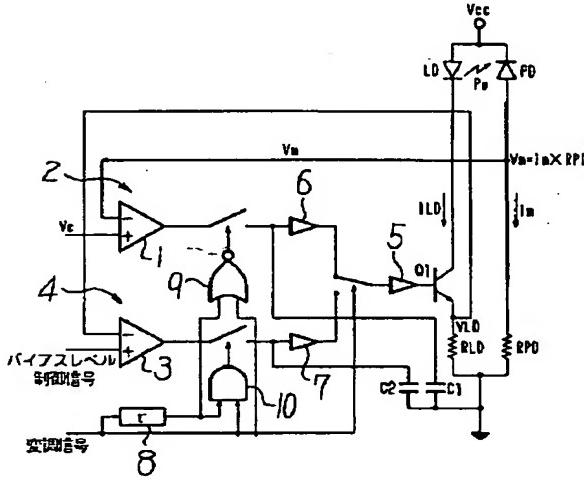
【图 17】



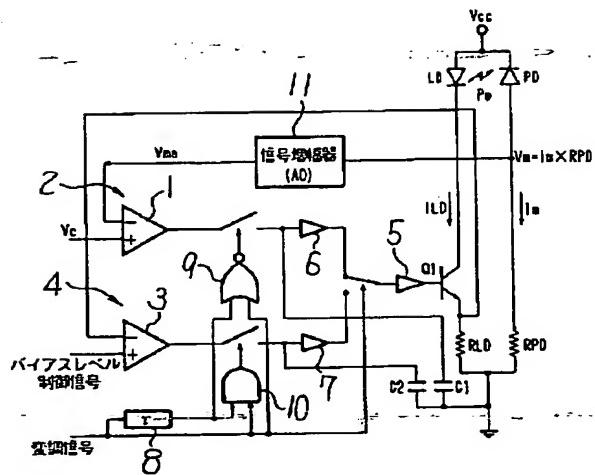
【図18】



【図19】



【図20】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.